

# PEMILIHAN METODE PERHITUNGAN PENGURANGAN EMISI KARBON DIOKSIDA DI SEKTOR TRANSPORTASI

**Dimas Bayu Endrayana Dharmowijoyo**

Sekolah Pascasarjana

Prodi Teknik Sipil

Pengutamaan Rekayasa Transportasi

Jalan Ganesha No 10 Bandung 40132

Telp/Fax: 022-2504556

dimas@trans.sit.itb.ac.id

**Ofyar Zainuddin Tamin**

KK Rekayasa Transportasi

Gedung Labtek I Lantai, ITB

Jalan Ganesha No 10 Bandung 40132

Telp/Fax: 022-2504556

ofyar@trans.sit.itb.ac.id

## Abstract

Climate change issues in the world is a problem that needs attention. In the last three wasrsa dasa, has been an increase of carbon dioxide in the air is very large, reaching about 70%. Carbon dioxide emissions have resulted in the Greenhouse Effect, which causes climate change, both in local and global scale. Meriupakan transport sector one of the sectors that contributed to the increase in carbon dioxide emissions. Furthermore, the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) states that there are three main sectors that affect the increase in carbon dioxide emissions within 30 years, namely the transport sector, energy supply sector, and industrial sectors. Carbon dioxide emissions can be calculated using various methods available and seytiap method requires the data obtained in various ways. In this study the selection method of calculating carbon dioxide emissions generated by the transportation sector. From this study found that the method of using vehicle kilometer travel is the most suitable method for the conditions in Indonesia.

**Keywords:** transport emissions, carbon dioxide emissions, vehicle kilometer travel

## Abstrak

Masalah perubahan iklim di dunia merupakan suatu masalah yang perlu mendapat perhatian. Pada tiga dasa warsa terakhir, telah terjadi peningkatan karbon dioksida yang sangat besar di udara, yang mencapai sekitar 70 %. Emisi karbon dioksida ini telah mengakibatkan Efek Rumah Kaca, yang mengakibatkan perubahan iklim, baik dalam skala lokal maupun dalam skala global. Sektor transportasi merupakan salah satu sektor yang memberikan kontribusi terhadap peningkatan emisi karbon dioksida. Lebih lanjut, Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) menyatakan bahwa terdapat tiga sektor utama yang mempengaruhi peningkatan emisi karbon dioksida dalam kurun waktu 30 tahun terakhir, yaitu sektor transportasi, sektor penyediaan energi, dan sektor industri. Emisi karbon dioksida dapat dihitung dengan menggunakan berbagai metode yang tersedia dan seytiap metode tersebut memerlukan data yang diperoleh dengan berbagai cara. Pada studi ini dilakukan pemilihan metode perhitungan emisi karbon dioksida yang dihasilkan oleh sektor transportasi. Dari kajian ini diketahui bahwa metode yang menggunakan kilometer kendaraan perjalanan merupakan metode yang paling sesuai untuk kondisi di Indonesia.

**Kata kunci:** emisi transportasi, emisi karbon dioksida, kilometer kendaraan perjalanan

## PENDAHULUAN

Holmen dan Niemer (2003) menyatakan bahwa emisi pencemar udara yang selama ini diperhitungkan berkontribusi dalam pencemaran udara dihasilkan dari inefisiensi pembakaran energi atau inefisiensi mesin kendaraan. Oleh karena itu, selama ini untuk mengurangi emisi ini produsen kendaraan berlomba-lomba meningkatkan efisiensi pembakaran mesin kendaraan. Selain itu terdapat beberapa alat yang berusaha

mengalihkan emisi pencemar udara ini ke emisi yang ada di atmosfer. Alat tersebut bernama katalitik konverter yang berfungsi mengalihkan emisi-emisi pencemar udara ini menjadi CO<sub>2</sub>. Apabila efisiensi 100% tercapai, hasil buangan kendaraan bermotor adalah CO<sub>2</sub>.

Perubahan iklim di dunia diakibatkan oleh peningkatan Gas Rumah Kaca (GRK) di atmosfer. IPCC (2006) menyatakan bahwa telah terjadi peningkatan emisi GRK sebesar 70% dari tahun 1970 hingga 2004, dan CO<sub>2</sub> merupakan gas terpenting pada elemen GRK tersebut. Terjadi juga peningkatan emisi gas atau emisi CO<sub>2</sub> sebesar 80% dari 1970-2004 sebesar 21 Gigaton (Gt) hingga 38 Gigaton. Kandungan emisi CO<sub>2</sub> tersebut adalah sekitar 77% terhadap total GRK. GRK pada periode 1995-2004 juga ternyata meningkat dibandingkan dengan yang terjadi pada rentang 1970-1994. Pada rentang 1995-2004 pertumbuhan GRK mencapai 0,92 Gt per tahun sedangkan pada 1970-1994 hanya 0,43 Gt per tahun.

Peningkatan GRK ini disebabkan oleh tiga sektor utama, yaitu energi, transportasi, dan industri. Terdapat 3 sektor lain yang mempengaruhi tetapi dengan tingkat pertumbuhan rendah, yaitu bangunan permukiman dan komersial serta kehutanan, termasuk pembakaran hutan dan pertanian. Sektor energi berpengaruh 25,9%, industri 19,4%, transportasi 13,1%, kehutanan, 17,4%, pertanian 13,5%, bangunan permukiman dan komersial 7,9%, serta sampah-air buangan sebesar 2,8% ( IPCC, 2006 )

Berdasarkan fakta adanya kecenderungan perubahan iklim akibat peningkatan emisi GRK, dan terbesar adalah CO<sub>2</sub>, transportasi ternyata merupakan salah satu penyebab utama bersama penyediaan energi dan industri. Tingginya pertumbuhan transportasi di Indonesia mengakibatkan perlunya diteliti peran transportasi dalam mempengaruhi pertumbuhan emisi GRK, terutama di wilayah perkotaan. Selanjutnya perlu diidentifikasi dan dioptimasi beberapa skenario yang diperlukan dalam menurunkan emisi yang berasal dari energi dan emisi GRK yang terkait dengan sektor transportasi. Beberapa hal praktis sudah pernah dilaksanakan dan Indonesia sudah mempunyai strategi *Environmental Sustainable Transportation* (EST). Strategi-strategi dalam EST tersebut perlu diskusikan dan dikombinasikan untuk mendapatkan solusi optimum pengurangan emisi GRK di sektor ini.

Pada tahun 2009, Low Carbon Society (LCS) membuat suatu target penurunan emisi CO<sub>2</sub> yang ingin dicapai pada tahun 2050, yaitu dari 2,9 ton/kapita menjadi 0,5 ton/kapita sebagai dampak perubahan iklim. Untuk itu negara-negara maju dan negara-negara industri harus mengurangi emisinya hingga 0,5 ton/kapita pada tahun 2050 sebagai kompensasi akibat peningkatan emisi karbon selama 70 tahun terakhir yang mengakibatkan efek rumah kaca. Selain itu negara-negara maju dan industri ini juga harus memberikan stimulus atau bantuan terhadap negara-negara berkembang atau negara-negara yang masih mempunyai hutan tropis. Indonesia menjadi negara yang mempunyai kesempatan mendapatkan bantuan ini dengan kompensasi mengkonservasi hutan tropisnya di Pulau Sumatera, Pulau Kalimantan, Pulau Sulawesi, dan Pulau Papua. Selain itu negara-negara berkembang dan tropis ini juga mempunyai kesempatan mendapatkan bantuan atau stimulus tambahan apabila dapat mengurangi emisi CO<sub>2</sub> menjadi 0,5 ton/kapita pada tahun 2050. Negara-negara maju dapat memberikan bantuan kepada negara-negara berkembang ini dalam upaya untuk mengurangi emisi CO<sub>2</sub>.

Dari beberapa pengalaman terbaik dunia, diperoleh metode dan model pengurangan emisi yang digunakan, seperti yang terdapat pada Tabel 1. Terlihat bahwa

sebagian besar studi menggunakan metode kualitatif dan pendapat para ahli. Dari pengalaman-pengalaman terbaik ini diperlihatkan bahwa hanya terdapat 3 studi yang mengkuantifikasi pengurangan CO<sub>2</sub> dari berbagai strategi.

Isnaeni (2001) berhasil menghitung pengurangan CO<sub>2</sub> dengan berbagai skenario di sektor transportasi seperti yang dilakukan di Asian Institute of Technology (2004). Hal yang serupa dilakukan oleh Prayudantyo (2009), dengan menggunakan model Necten, tetapi tidak menghitung pengurangan emisi CO<sub>2</sub> dan hanya menghitung emisi pencemar udara.

Dari ketiga studi tersebut didapat beberapa metode perhitungan emisi CO<sub>2</sub> dan pencemar udara lainnya. Metode perhitungan Emisi ini sebenarnya telah dimulai oleh Papacostas dan Prevedourous (1993). Pada Tabel 2 disampaikan penjelasan beberapa metode perhitungan pencemar udara dan CO<sub>2</sub>.

Pada Tabel 3 disampaikan kajian pemilihan metode yang paling baik digunakan saat ini. Dapat dikatakan bahwa metode yang digunakan oleh Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) merupakan metode yang paling mutakhir saat ini. Metode yang digunakan oleh IPCC ini menggunakan berbagai klasifikasi data, yang meliputi data konsumsi bahan bakar, jenis teknologi kendaraan, serta data pendukung, seperti konsumsi bahan bakar, jenis teknologi kendaraan, dan kilometer kendaraan perjalanan (*vehicle kilometers travel*).

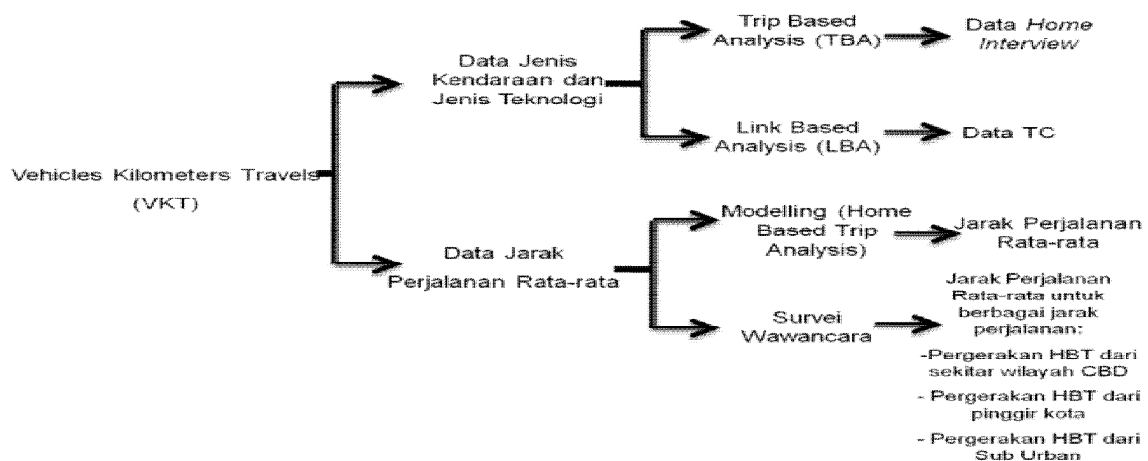
**Tabel 1** Metode dan Model Pengurangan Emisi yang Digunakan dari Berbagai Studi Terdahulu

Pelaku	Deskripsi Strategi	Metode yang Digunakan	Model Pengurangan Emisi Kendaraan
Isnaeni, 2001	Evaluasi strategi beberapa skenario TDM seperti restrukturisasi tata ruang, penggunaan LRT, pembangunan jalan tol dan manajemen lalu lintas serta penggunaan teknologi kendaraan	Model Kuantitatif perhitungan emisi CO <sub>2</sub> , CO, NO <sub>x</sub> , Sox, HC dan SPM	PPE-ITB, 1996, IPCC, 1996 dan BPPT, 1991
Asian Institute of Technology, The Energy Research Institute of China and The UNEP Collaborating Centre on Energy and Environment (UCCEE), 2004	Evaluasi strategi EST Car Free Day vs Jenis Teknologi di Kota Bangkok, Beijing dan Taiyuan	Model Kuantitatif perhitungan emisi CO <sub>2</sub>	Tidak dijelaskan
Prayudantyo, 2009	Perhitungan dampak pengurangan emisi pencemaran udara dari penerapan kombinasi skenario TDM	Model Kuantitatif perhitungan emisi CO, NO <sub>x</sub> , Sox, HC dan SPM tanpa CO <sub>2</sub>	<i>Necten</i> , 2003

**Tabel 2** Perhitungan Emisi Pencemar Udara dan CO<sub>2</sub> dari Berbagai Studi

No.	Metode Perhitungan CO <sub>2</sub>	Uraian
1.	Papacostas dan Prevedourous, 1993	Kecepatan berpengaruh terhadap produksi emisi pencemar udara
2.	Van Vliet, 1994	Faktor Emisi Gas Buang Kendaraan Penumpang pada Saturn. Menggunakan pendekatan elemental model yang dikembangkan berdasarkan kondisi lalulintas di Inggris tetapi tidak dipisah jenis kendaraan dan teknologinya
3.	BAPPEDAL dan PPE-ITB, 1995	Penentuan standar emisi gas buang maksimal dan rata-rata untuk jenis kendaraan penumpang/ barang, diesel, dan sepeda motor
4.	PPE-ITB, 1991	Faktor Emisi untuk beberapa moda transportasi (gram/km)
5.	PPE-ITB, 1995	Nilai faktor emisi untuk beberapa jenis kendaraan penumpang, jeep/station-wagon/ambulance, pickup, truk, minibus, bus sedang dan bus besar untuk cc besar (> 1600 cc) dan kecil (< 1600 cc) dalam gram/lt. Dapat digunakan untuk hubungan tingkat emisi dengan kecepatan
6.	IPCC, 1996	Faktor emisi untuk berbagai jenis kendaraan (penumpang, niaga besar/kecil, dan sepeda motor) untuk berbagai jenis teknologi dalam gram/ltr. Dapat digunakan untuk hubungan tingkat emisi dengan kecepatan
7.	Netcen, 2003	Penggunaan kecepatan untuk menghitung pengaruh emisi pencemar udara untuk berbagai teknologi kendaraan (EURO I, EURO II dan EURO III)
8.	IPCC, 2006	Penggunaan pendekatan konsumsi bahan bakar, jenis teknologi dan VKT untuk data agregat dan disagregat

Hasil kajian terhadap Kilometer Kendaraan Perjalanan adalah dua jenis data, yaitu: (1) data jenis kendaraan dan teknologi serta (2) jarak perjalanan rata-rata. Terdapat beberapa cara dalam menghasilkan kedua data tersebut, seperti yang disampaikan pada Gambar 1.

**Gambar 1** Cara Memproduksi Data Kilometer Kendaraan Perjalanan

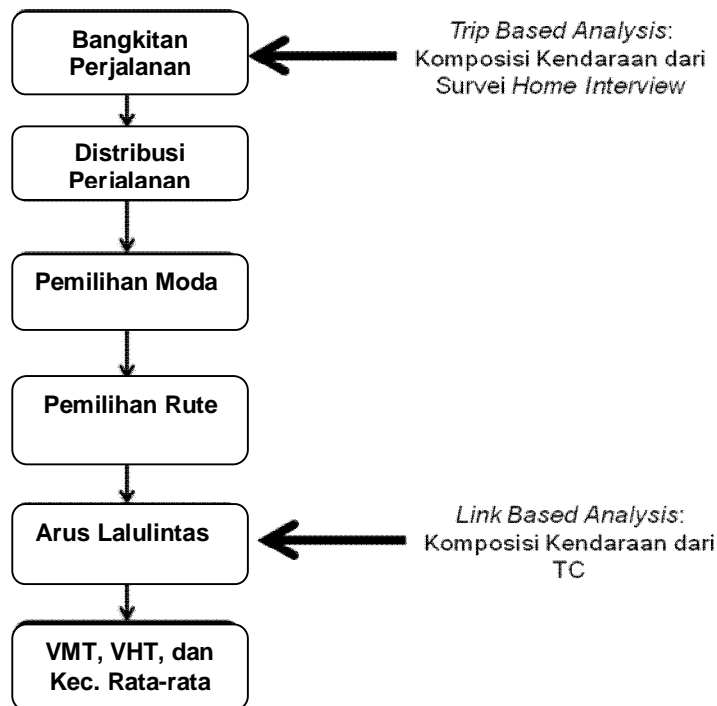
**Tabel 3** Kajian Metode Perhitungan Emisi Pencemar Udara dan CO<sub>2</sub> dari Berbagai Studi

No.	Metode Perhitungan CO <sub>2</sub>	Kajian
1.	Papacostas dan Prevedourous, 1993	Faktor emisi gas buang dapat dipengaruhi oleh kecepatan tetapi faktor konsumsi energi dari jenis teknologi dan rata-rata panjang perjalanannya merupakan faktor paling penting menentukan emisi CO <sub>2</sub> di udara Penentuan nilai faktor emisi untuk berbagai jenis kendaraan tetapi tidak untuk emisi CO <sub>2</sub>
2.	Van Vliet, 1994	
3.	BAPPEDAL dan PPE-ITB, 1995	
4.	PPE-ITB, 1991	
5.	PPE-ITB, 1995	
6.	IPCC, 1996	Penentuan nilai faktor emisi CO <sub>2</sub> dengan memperhitungkan <i>Vehicle Kilometres Travel</i> (VKT) dimana memperhitungkan jenis teknologi kendaraan dan rata-rata panjang perjalanan
7.	Netcen, 2003	Perhitungan berbagai jenis teknologi kendaraan seperti EURO I, EURO II, dan EURO III menggunakan kecepatan dan tidak memasukkan rata-rata panjang perjalanan dalam perhitungan
8.	IPCC, 2006	Merupakan pengembangan dari IPCC 1996 dimana terdapat beberapa metode (TIER 1, 2 dan 3) dalam perhitungan emisi CO <sub>2</sub> . TIER 3 merupakan metode yang paling mutakhir dengan memperhitungkan VKT (jenis teknologi kendaraan dan rata-rata panjang perjalanan). Untuk sektor transportasi, metode ini belum pernah diujicoba untuk menghitung emisi GRK

Dalam memproduksi data jenis kendaraan dan teknologi digunakan 2 jenis metode, yaitu *Trip Based Analysis* (TBA) dan *Link Based Analysis* (LBA). Kedua metode ini berasal dari tahapan permodelan transportasi 4 tahap. Tahap TBA berada di tahap bangkitan perjalanan dan didapat dari data *home interview*. Data yang didapat ini, antara lain, adalah komposisi kendaraan serta jenis teknologinya. Sedangkan LBA didapat dari tahap arus lalu lintas. Pada tahap ini LBA didapat melalui survei pencacahan lalu lintas (*traffic count, TC*) .

Isnaeni (2001) mengusulkan penggabungan kedua jenis pendekatan. Arus lalu lintas dihasilkan dari pendekatan TBA dan selanjutnya disagregasi dilakukan dengan menggunakan data TC untuk jenis kendaraan dan teknologinya. Alasannya adalah bahwa data TBA sulit didapat karena membutuhkan sampel yang banyak dengan biaya yang besar, sedangkan data arus lalu lintas merupakan data yang mudah didapat. Penggabungan ini dilakukan dengan menggunakan data TBA tetapi dilakukan disagregasi menggunakan data TC. Pada penelitian ini digunakan usulan Isnaeni tersebut dan digunakan sampling data TC untuk memprediksi jenis kendaraan dan teknologi.

Data jarak perjalanan rata-rata dapat diperoleh dengan menggunakan dua metode, yaitu permodelan berupa *Home Base Trip Analysis* dan survei wawancara. Dari permodelan didapat data jarak perjalanan rata-rata yang bersifat agregat. Dengan menggunakan survei wawancara, data agregat ini di-disagregasi menjadi berbagai pergerakan, seperti di wilayah pusat kota, di pinggir kota, dan di wilayah sub-urban. Untuk melakukan disagregasi data panjang perjalanan rata-rata dibutuhkan survei wawancara.

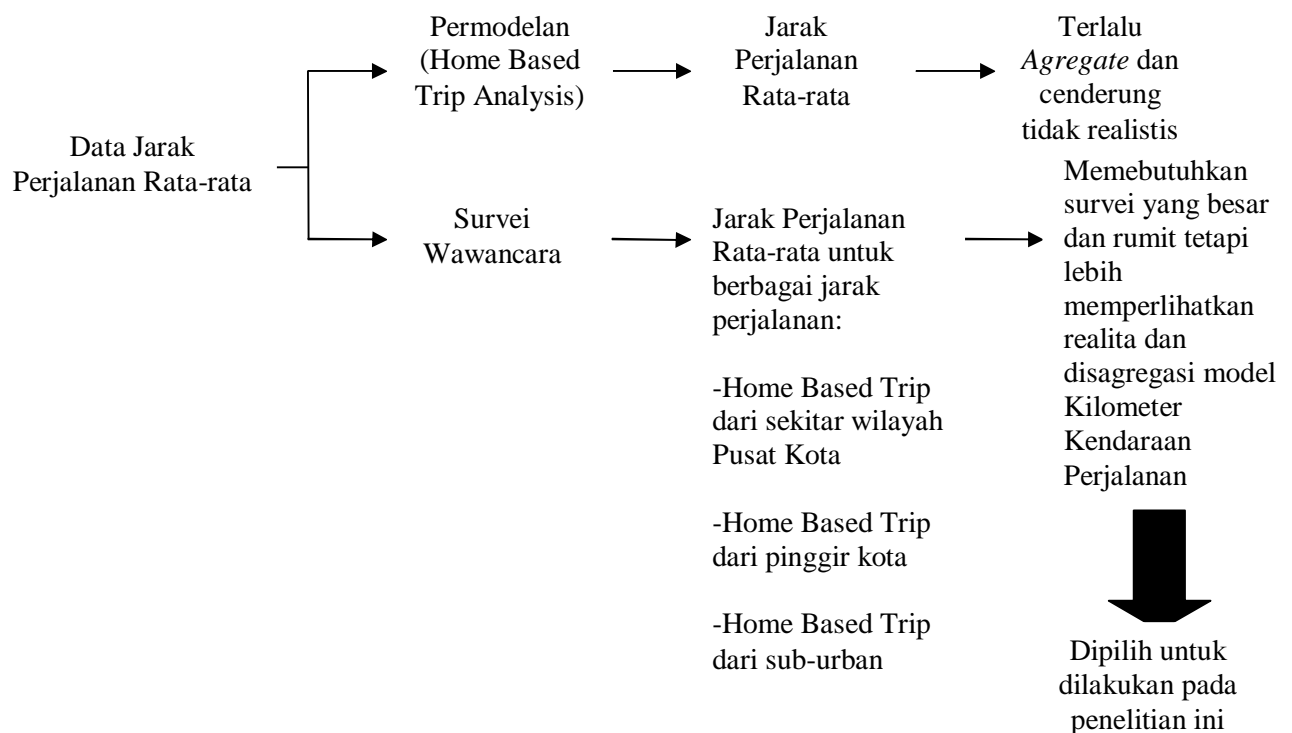


Sumber: Isnaeni, 2001

**Gambar 2** Cara Memproduksi Data Kilometer Kendaraan Perjalanan

**Tabel 4** Hasil Perbandingan TBA dan LBA

Item Perbandingan	Pendekatan LBA	Pendekatan TBA
Posisi pemisah tipe kendaraan	Setelah tahap pemilihan rute	Dalam model Bangkitan Perjalanan
Basis Pemodelan yang sesuai	Tidak dispesifikasi	<i>Disaggregate Transportation Model</i>
Aplikasi pemisah tipe kendaraan	Arus lalulintas di ruas jalan	Individu pelaku perjalanan di dalam rumah tangga
Basis data pemisahan tipe kendaraan	Data survei <i>Traffic Counting</i>	Data survei <i>Home Interview</i>
Klasifikasi objek aplikasi	Ruas jalan sesuai dengan jelas jalan dan lokasinya	Rumah tangga sesuai karakteristik sosio ekonomi
Asumsi atau batas kondisi	Komposisi tipe kendaraan di setiap ruas jalan adalah tetap sepanjang waktu tinjauan	Besar dan pola pengguna moda per jenis rumah tangga tetap sepanjang waktu
Kritik terhadap pendekatan permodelan	Tidak cocok untuk kebijakan yang berbasis kepada perubahan perilaku pemilihan rute dan moda perjalanan	Model disaggregate tidak sesuai untuk aplikasi perencanaan pada area studi yang luas dengan model yang berbasis zona



**Gambar 3** Cara Memproduksi Data Jarak Perjalanan Rata-rata

## KESIMPULAN

Metode pengukuran emisi CO<sub>2</sub> yang direkomendasikan untuk digunakan adalah metode yang digunakan oleh IPCC. Metode ini merupakan suatu metode mutakhir yang fleksibel, bergantung pada kebutuhan data, jenis teknologi kendaraan, dan jenis kendaraan. Pada kondisi yang sangat agregat dapat digunakan data konsumsi bahan bakar, tetapi dapat diagregasi menggunakan data jenis teknologi, jenis kendaraan, dan jarak perjalanan rata-rata.

Metode memproduksi Kilometer Kendaraan Perjalanan yang tersedia sangat beragam. Untuk kepentingan penelitian di Indonesia, khususnya yang terkait dengan data jenis kendaraan dan teknologi, dapat digunakan paduan TBA dan LBA. Sedangkan untuk mendapatkan jarak panjang perjalanan rata-rata digunakan survei wawancara ke beberapa lokasi, seperti di sekitar Pusat Kota, di pinggir kota, dan di wilayah sub-urban.

## DAFTAR PUSTAKA

- Asian Institute of Technology, 2004. *Strategic Options Policy Implementation for Bangkok*. The Energy Research Institute of China and The UNEP Collaborating Centre on Energy and Environment, Bangkok.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. 2006. *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 2: Energy*. National Greenhouse Gas Inventories Programme. Busan.
- Isnaeni, M., 2001. *Dampak Ekonomi dan Lingkungan Perencanaan Tata Ruang dan Sistem Transportasi Kota*. Tesis tidak dipublikasikan. Bandung: Program Pascasarjana Institut Teknologi Bandung.
- Institut Teknologi Bandung. 2010. *Low Carbon Society Scenario Toward 2050 Indonesia for Energy Sector*. Colaboration with Kyoto University and Mizuho Information and Research Institute. Bandung.
- Prayudyantyo M. N., 2009, *Analisis Optimasi Strategi Manajemen Kebutuhan Transportasi (MKT) dalam Mengatasi Persoalan Transportasi Perkotaan (Kasus Kota Jakarta)*. Disertasi tidak dipublikasikan. Bandung: Program Pascasarjana Institut Teknologi Bandung.
- Reksowerdoyo, I. K., Soerawidjaja, T. H., 2009, *Key Energy Technologies for A Sustainable Future*. Keynote Speec., The 1st International Workshop on Renewable Energy and Energy Conservation.
- Stan L., 2000, *Transportation and Climate Change: Options for Action*. Montreal.
- Tanatvanit, S, Limmeechockchai, B, Chungpaibulpatana. 2003. *Sustainable Energy Demand Management and Renewable Energy in Thailand*. Sirindorn International Institute of Technology and Thammasat University. Bangkok.
- Thematic Research Summary. 2008. *Environmental Aspects of Sustainable Mobility*. Transport Research Knowledge Centre. Brussel.
- United Nations Environment Programme. 2001. *Bangkok State of The Environment, UNEP Regional Resources Centre for Asia and The Pacific*. Bangkok.